

Produktivitas Diatom Perifitik yang Ditumbuhkan pada tipe Substrat Berbeda Sebagai Alternatif Penyediaan Pakan Alami Udang

Niken T.M.Pратиwi, Enan M. Adiwilaga, Bambang Widigdo & Dedi Soedharma

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-IPB, Bogor

Email: niken_tmpratiwi@yahoo.com

ABSTRACT

The Productivity of Periphytic Diatom Grown on Different Types of Substrates as an Alternative on Providing Natural Feed for shrimp. Providing natural feed is an attempt to support fisheries culture in a polite way for the sustainability of environment. Periphytic community is living aquatic resources that have a potential value for this purpose. The major component of saline water periphytic community is diatom.

The study was emphasized on diatom presentation grown on two types of artificial substrates: biocrete (sand, palm fiber, cement) and zeocrete (zeolite, palm fiber, cement). The reseach was conducted in laboratory with an experimen design follows split split plot in times. The aim of the research is to study the ecological factor and available nutrients to support the growth of periphitic diatoms (*Amphora*, *Cyclotella*, *Melosira*, *Navicula*, *Phaeodactylum*, and *Thalassiosira*) on two different substrates. The productivity of diatom, and the effect of shrimp larvae on the diatom productivity were also analyzed. Two fertilized materials (*biocrete* and *zeocrete*) with two main treatments and three levels of treatments each, and unfertilized materials were used as artificial substrates for periphitic diatoms. The results show that all treatment could give sufficient biological available nutrient for the diatoms. The highest diatom productivity was achieved by the population on third level ratio of fertilized biocrete and zeocrete (added by fertilized with N:P ratio of 30:1). Diatom productivity follows the shrimp larvae grazing. The shrimp larvae could grow well on the media with diatom that were grown on fertilized biocrete.

Key words: periphytic diatoms, natural feed, biocrete, zeocrete, productivity

PENDAHULUAN

Teknologi dan sistem produksi budidaya perairan berkembang pesat, bahkan melampaui daya dukung lingkungan, yang berakibat terhadap

tingginya biaya sosial serta munculnya masalah lingkungan dan tekanan ekologi (Hagler 1997). Berdasarkan kondisi yang demikian maka gagasan untuk kembali pada sistem budidaya dengan memanfaatkan pakan alami (Shishehchian & Yusoff 1999) sangat diperlukan.

Penyediaan pakan alami merupakan salah satu upaya pendukung produksi perikanan budidaya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu sumberdaya hayati perairan yang berpotensi sebagai pakan alami bagi udang adalah perifiton. Perifiton merupakan komunitas biota penempel dengan penyusun utama dari kelompok diatom. Salah satu upaya penumbuhan pakan alami dilakukan melalui pemupukan. Garcia & Garcia (1985) menerapkan suatu sistem pemupukan untuk menumbuhkan mikroalgae (perifiton) pada permukaan granula silika (fertilix).

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan perifiton oleh pemangsanya dilakukan oleh Hootmans & Vermant (1985) serta Phillipart (1995). Kajian mengenai kegiatan penumbuhan perifiton untuk pakan alami biota komersial, yaitu tilapia dan abalone dilakukan oleh petani ikan di Sri Langka. Balareddy *et al.* (2002) menyatakan bahwa perifiton atau biofilm memiliki peran yang sangat penting dalam ekosistem perairan dan dapat dimanfaatkan sebagai pakan seperti pada budidaya udang dan ikan.

Pada budidaya udang pakan alami yang tepat dengan kuantitas yang memadai sangat diperlukan pada masa fase kritis selama pertumbuhannya. Salah satu masa kritis udang terjadi ketika udang berada pada fase pascalarva. Pada periode ini terjadi perubahan perilaku pemangsaan dari pemangsa biota planktonik menjadi pemangsa biota bentik atau perifitik. Oleh karena itu diperlukan ketersediaan

pakan dengan ukuran dan keberadaan/posisi yang sesuai dan memiliki nilai nutrisi memadai.

Terkait dengan uraian tersebut kiranya perlu dilakukan penelitian tentang upaya penyediaan pakan alami dengan metode tertentu untuk mendapatkan kuantitas dan kualitas yang sesuai dengan kebutuhan udang serta tidak mengganggu daya dukung lingkungan. Salah satu di antaranya adalah dengan menumbuhkan perifiton.

Selanjutnya, keberadaan dan produktivitas perifiton dari kelompok ototrof ditentukan oleh berbagai faktor fisika, kimia, maupun biologi perairan. Bagi kelompok ototrof, yang menjadi faktor pembatas adalah unsur hara (N, P, dan Si) dan intensitas cahaya; faktor pengendali adalah suhu, pH, kandungan DO, dan salinitas; sedangkan faktor pembatas ruang gerak adalah tipe substrat. Produksi perifiton sangat dipengaruhi oleh tipe substrat (Hynes 1972; Weitzel 1979; dan Sigeo 2005). Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *biocrete* (materi berupa campuran pasir, ijuk, dan semen) serta *zeocrete* (materi berupa campuran zeolit, ijuk, dan semen) yang diberi tambahan pupuk sebagai sumber unsur hara N, P, dan Si.

Kajian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai kecukupan sediaan unsur hara dari substrat dalam mendukung pertumbuhan perifiton, produktivitas perifiton, dan peran udang dalam mempengaruhi produktivitas perifiton karena aktivitas pemangsannya.

BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan berupa percobaan pelepasan unsur hara dari substrat *biocrete* dan *zeocrete*, sedangkan penelitian utama berupa percobaan penumbuhan perifiton serta pemanfaatannya oleh udang. Penelitian dilaksanakan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB, Bogor.

Tahap penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengkaji kemampuan substrat dalam memberikan unsur hara N, P, dan Si sediaan biologis (ortofosfat, nitrat, amonia, dan silika) bagi perifiton. Tahap percobaan berupa penentuan lepasan unsur hara sediaan biologis dari substrat yang diberi tambahan nutrisi dengan perlakuan rasio dan perlakuan konsentrasi.

Perlakuan rasio berupa penambahan pupuk dengan rasio N:P bertingkat, yaitu 10:1, 20:1, dan 30:1 (selanjutnya disebut substrat BR1, BR2, dan BR3 untuk *biocrete*, serta ZR1, ZR2, dan ZR3 untuk substrat *zeocrete*).

Perlakuan konsentrasi berupa penambahan pupuk dengan konsentrasi P bertingkat, yaitu 0,002; 0,2; dan 2 mg/l (BK1, BK2, BK3, ZK1, ZK2, dan ZK3). BR0, ZR0, BK0, dan ZK0 adalah pembanding, yaitu substrat tanpa tambahan nutrisi. Variabel kajian berupa dinamika unsur hara. Kondisi lingkungan (DO, suhu, pH, dan salinitas) diatur pada rentang tertentu. DO 4-5 mg/l, suhu 25-27°C, pH 8-8,5, salinitas 28-30 ppt.

Peneraan terhadap kualitas air dan unsur hara mengacu pada metode menurut:

a. APHA (1989); Parsons *et al.* (1984) untuk kualitas air (suhu, pH, dan salinitas); serta kandungan unsur hara P, N, dan Si yang terlepas ke dalam air media

b. Hillebrand *et al.* (1999) untuk menentukan biomas perifiton (biovolume dan luas permukaan sel)

c. Parsons *et al.* (1984) untuk penentuan kandungan klorofil dengan metode spektrofotometri dengan acetone 90% sebagai bahan ekstraksi pigmen

d. Penghitungan kelimpahan jenis perifiton menggunakan metode Haemocytometer

Analisis kandungan nutrisi perifiton (diatom) dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang keberadaan asam amino, asam lemak, dan vitamin C dalam diatom yang ditumbuhkan sebagai organisme perifitik. Hasil analisis ini juga dimaksudkan untuk dijadikan sebagai salah satu landasan tentang pentingnya penelitian ini dilakukan.

Pengukuran produksi perifiton berkaitan dengan ketersediaan serta pemanfaatan unsur hara dilakukan dengan percobaan penumbuhan perifiton pada substrat dengan cadangan dan sediaan unsur hara tertentu; periode sesuai pola sediaan unsur hara yang ada; variabel kajian berupa produktivitas perifiton tanpa pemangsaan oleh udang.

Penentuan produktivitas perifiton dikaitkan dengan tingkat pemangsaan oleh udang yang dilakukan dengan percobaan penumbuhan perifiton pada substrat dengan cadangan dan sediaan unsur hara tertentu, dengan periode mengikuti pola sediaan unsur hara yang ada. Tahap ini disertai pemberian udang

dengan kepadatan 10 ind. PL₁₅/m² dengan varia-bel kajian produktivitas perifiton disertai pemangsaan oleh udang.

Data yang diperoleh selama pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar untuk mendapatkan informasi mengenai pola lepasan unsur hara dari kedua tipe substrat; keberadaan perifiton yang meliputi jenis yang tumbuh, kepadatan, serta biomas untuk memperoleh gambaran mengenai produktivitas berkaitan dengan kemampuan memanfaatkan unsur hara sediaan biologis hasil lepasan dari substrat. Produktivitas perifiton ditentukan berdasarkan nilai laju pertumbuhan (Fogg 1975). Statistika rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan *Split Split Plot in Time* (Matjik & Sumertajaya 2000). Di samping itu juga dilakukan analisis hubungan antara keberadaan diatom dengan unsur hara dalam media.

HASIL

Kemampuan substrat dalam memberikan unsur hara bagi perifiton.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua tipe substrat dengan perlakuan rasio dapat memberikan lepasan unsur hara P sediaan biologis di atas kebutuhan minimum sebesar 0,002 mg/l (Musa 1992) yang dibutuhkan perifiton untuk tumbuh (Gambar 1), demikian pula untuk N dan Si.

Keberadaan N sediaan biologis dalam media selama pengamatan berada di atas batas minimum sebesar 0,5 mg/l (Effendie 2003) bahkan berada dalam rentang optimum bagi pertumbuhan perifiton. Keberadaan Si sangat tinggi,

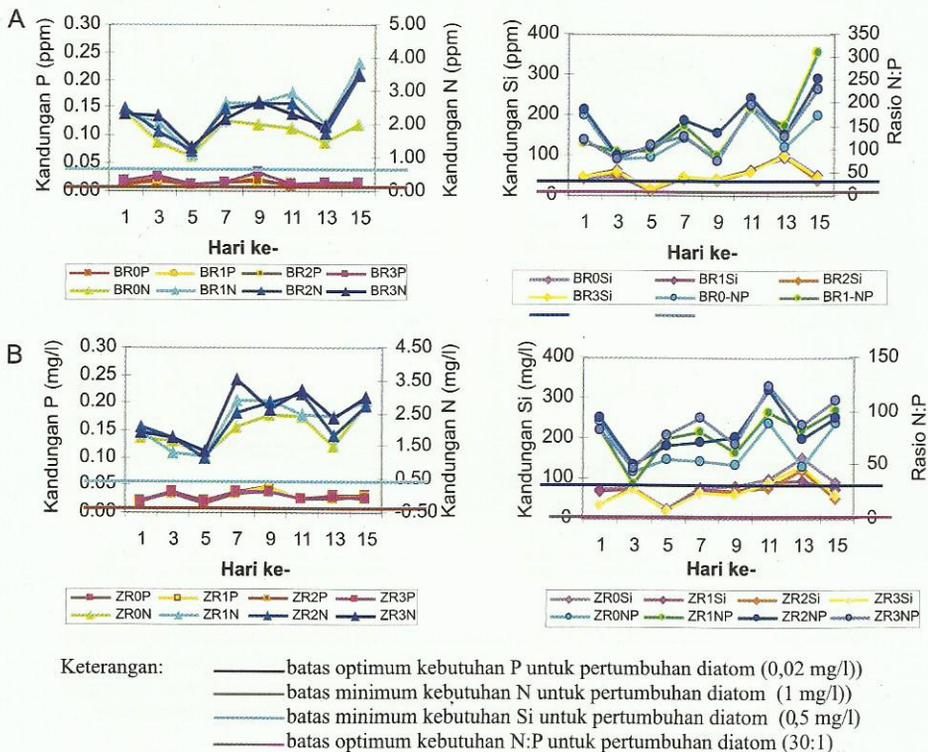
jauh lebih tinggi dari kebutuhan minimum sebesar 0,5 mg/l (Fogg 1975). Adapun capaian rasio N:P yang terjadi juga berada jauh di atas batas minimum sebesar 30:1 (Pratiwi 1997).

Pada media dengan substrat perlakuan konsentrasi, secara umum kandungan P dalam media berada di atas batas minimum. Kandungan N berada dalam rentang optimum. Kandungan Si relatif tinggi sekalipun terjadi penurunan pada hari ke-5. Rasio N:P yang dicapai untuk kedua tipe substrat berbeda dari perlakuan rasio. Pada perlakuan konsentrasi terdapat fluktuasi rasio N:P yang cukup tajam dengan kecenderungan yang beragam antar tingkat perlakuan yang diberikan (Gambar 2).

Hasil uji statistik ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa rata-rata capaian kandungan lepasan unsur hara sediaan biologis pada media dengan substrat *zeocrete* (1,7754 mg/l untuk N, 0,0342 untuk P, dan 83,79 mg/l untuk Si) lebih besar daripada yang dengan substrat *biocrete* (1,5372 mg/l untuk N, 0,0189 untuk P, dan 60,36 untuk Si)).

Substrat dengan tambahan unsur hara memberikan lepasan N dan P yang lebih besar dari yang tanpa tambahan pupuk ($P < 0,05$). Nilai yang cukup besar ditunjukkan oleh substrat yang diberi tambahan pupuk dengan rasio 30:1 (BR3 dan ZR3) serta substrat yang diberi tambahan pupuk dengan konsentrasi P sebesar 2 mg/l (BK3 dan ZK3). Untuk perlakuan rasio masing-masing dengan nilai N dan P sebesar 1,68 dan 0,0275 mg/l, sedangkan untuk perlakuan konsentrasi, masing-masing

Produktivitas Diatom Perifitik yang Ditumbuhkan



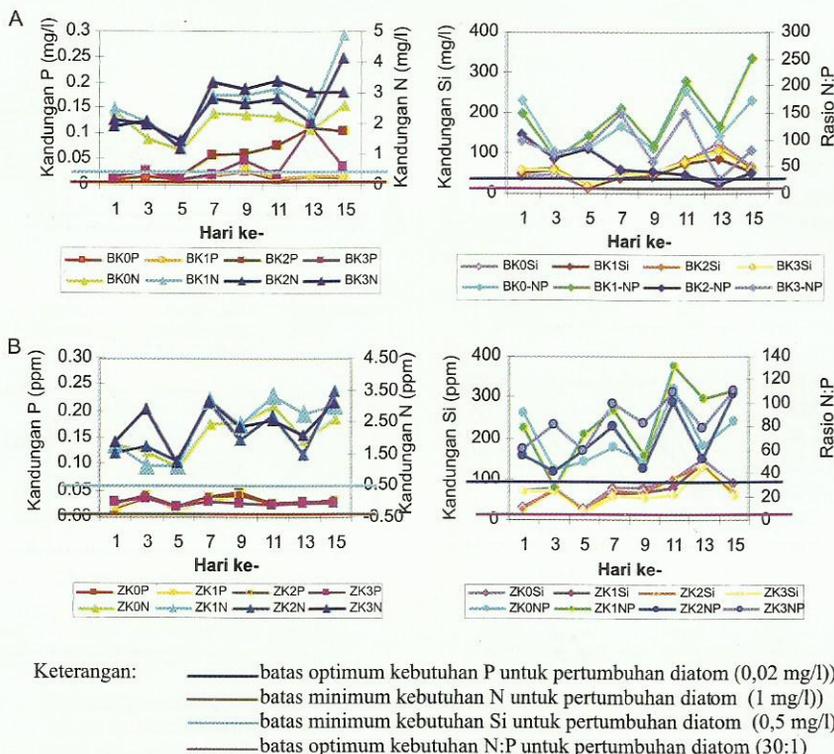
Gambar 1. Kandungan P, N, dan Si serta rasio N:P pada media dengan substrat perlakuan rasio; (A) *Biocrete*, (B) *Zeocrete*

sebesar 2,1024 dan 0,0357 mg/l. Nilai pada perlakuan kontrol adalah 1,38 dan 0,0246 mg/l. Selanjutnya berdasarkan hasil tersebut maka substrat dengan tingkat perlakuan rasio 30:1 serta perlakuan konsentrasi P sebesar 2 mg/l serta substrat yang tanpa tambahan pupuk (BR0, ZR0, BK0, dan ZK0) digunakan dalam penelitian selanjutnya.

Penyiapan inokulan diatom perifitik

Berdasarkan hasil percobaan tentang kemungkinan penumbuhan diatom sebagai perifiton, enam jenis diatom ditetapkan dalam penelitian ini yaitu *Amphora*, *Cyclotella*, *Melosira*,

Navicula, *Phaeodactyllum*, dan *Thalassiosira*. Keenam jenis tersebut mewakili kelompok diatom Centrales dan Pennales yang dapat hidup sebagai perifiton. Hasil pengukuran biovolume (mm^3) dan luas permukaan sel (mm^2), berturut-turut adalah sebagai berikut: *Amphora*(37,90; 43,01), *Cyclotella* (129,49; 144,86), *Melosira* (6839,51; 2209,82), *Navicula* (198,70; 220,98), *Phaeodactyllum* (56,27; 59,22), dan *Thalassiosira* (1216,96; 942,86). Informasi mengenai biovolume digunakan untuk menentukan biomassa diatom, sedangkan luas permukaan sel digunakan dalam penentuan kelimpahan diatom saat



Gambar 2. Kandungan P, N, dan Si serta rasio N:P pada media dengan substrat perlakuan konsentrasi; (A) *Biocrete*, (B) *Zeocrete*

awal penebaran (inokulan) pada hampan substrat.

Analisis nutrisi diatom

Hasil analisis kandungan asam lemak, asam amino, dan vitamin C berada dalam rentang nilai yang ditunjukkan oleh Borowitzka & Borowitzka (1998) kecuali untuk beberapa komponen. Komponen asam lemak diatom dengan kode C 18:3 serta komponen asam amino berupa metionin dan lisin menunjukkan nilai yang lebih rendah dari acuan.

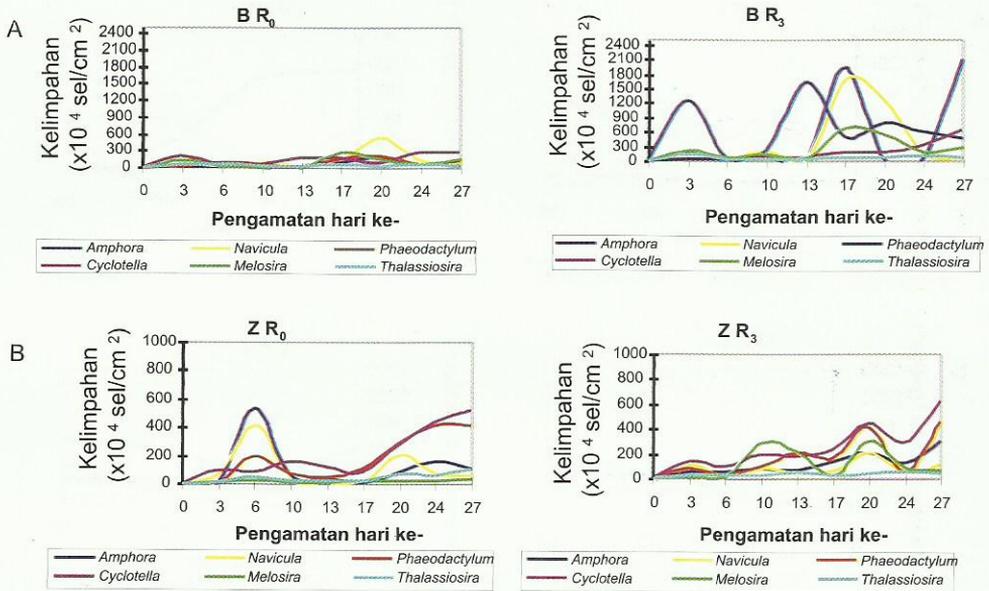
Perpaduan kandungan nutrisi sebagaimana yang terukur dari diatom yang ditumbuhkan pada substrat buatan

tergolong baik bagi udang (Buwono 2000). Keberadaan nutrisi tersebut akan sangat bermanfaat bagi proses tumbuh kembang udang. Hal ini menunjukkan perlunya dilakukan penelitian ini, sehingga diperoleh informasi mengenai kemungkinan penyediaan pakan alami dengan kualitas dan kuantitas yang sesuai bagi udang.

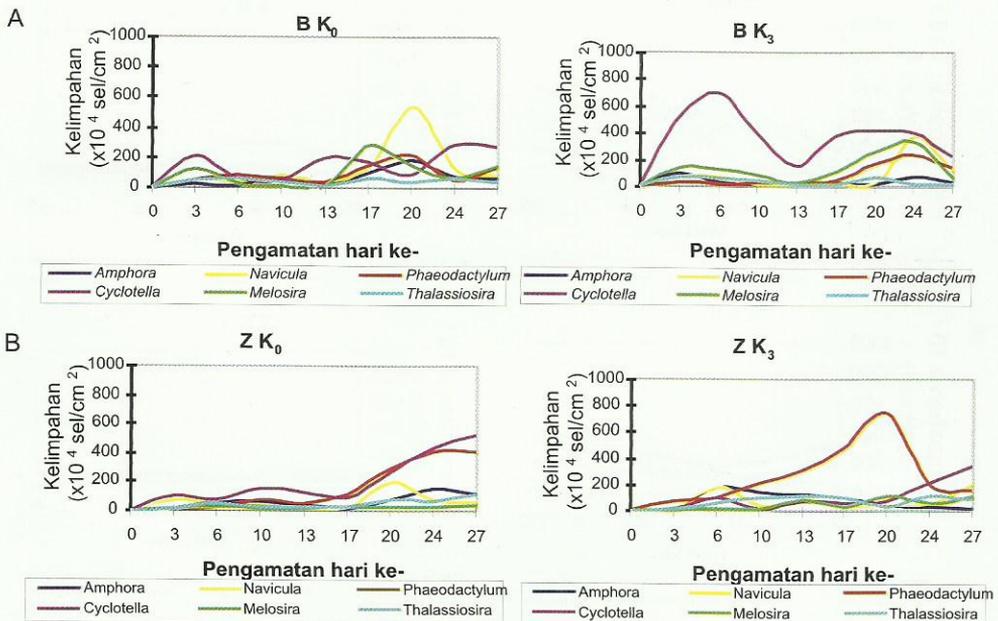
Pengukuran produksi perifiton berkaitan dengan ketersediaan serta pemanfaatan unsur hara.

Pada tahapan ini, pengkajian dilakukan terhadap produksi perifiton yang ditumbuhkan pada substrat BR0, BR3, ZR0, ZR3, BK0, BK3, ZK0, dan

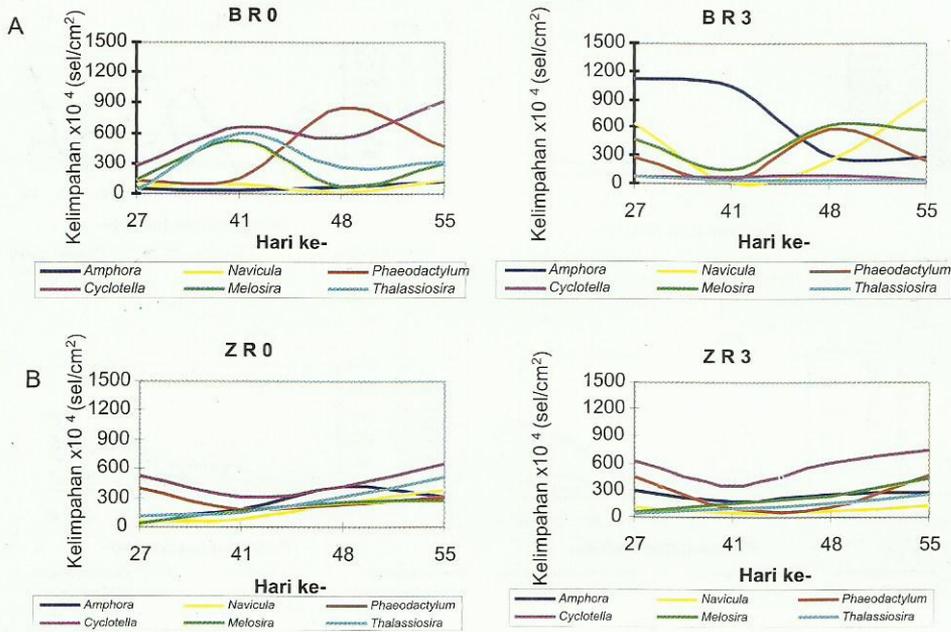
Produktivitas Diatom Perifitik yang Ditumbuhkan



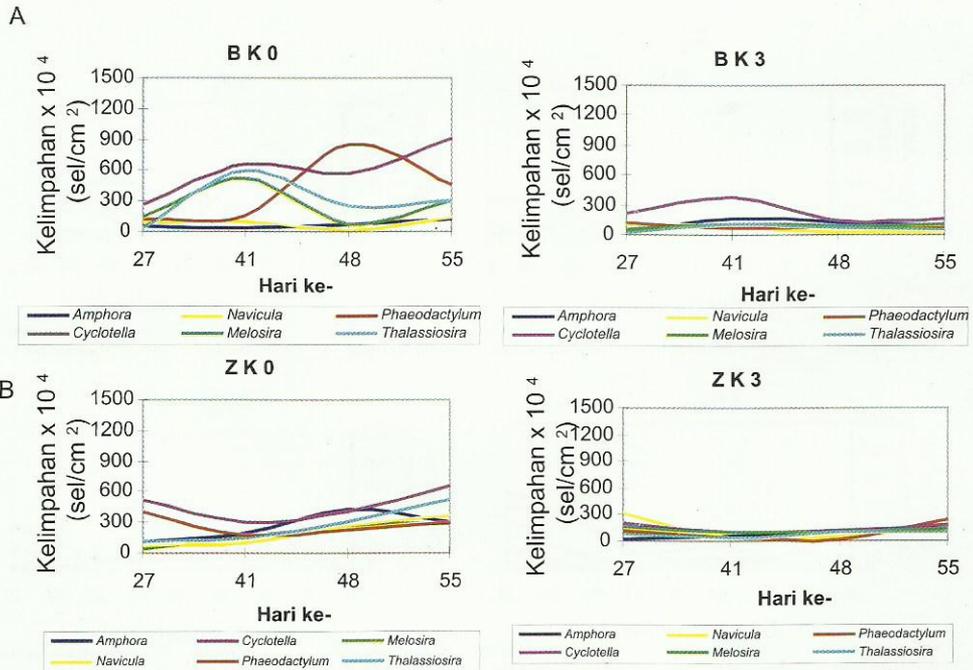
Gambar 3. Kelimpahan diatom perifitik pada substrat perlakuan rasio tanpa udang; (A) Biocrete, (B) Zeocrete



Gambar 4. Kelimpahan diatom perifitik pada substrat perlakuan konsentrasi tanpa udang; (A) Biocrete, (B) Zeocrete



Gambar 5. Kelimpahan diatom perifitik pada substrat perlakuan rasio dengan udang; (A) Biocrete, (B) Zeocrete



Gambar 6. Kelimpahan diatom perifitik pada substrat perlakuan konsentrasi dengan udang; (A) Biocrete, (B) Zeocrete

ZK3. Hasil penentuan kelimpahan disajikan pada Gambar 3 dan 4.

Berdasarkan grafik tersebut tampak bahwa diatom dapat tumbuh pada kedua tipe substrat. Kelimpahan diatom pada BR0 dan ZR0 cenderung merata. Pada BR3 terjadi fluktuasi dengan puncak bergantian antara *Amphora*, *Phaeodactyllum*, dan *Navicula*. Kelimpahan diatom pada ZR3 cenderung meningkat secara bersamaan. Kelimpahan diatom pada BK0 cenderung merata dari awal hingga akhir pengamatan. Pada BK3 kelimpahan *Cyclotella* menonjol. Pada ZK0 kelimpahan agak merata; tampak adanya peningkatan kelimpahan dari *Cyclotella* dan *Phaeodactyllum*. Kelimpahan *Phaeodactyllum* pada ZK3 tampak menonjol. Dengan demikian tampak bahwa substrat dengan perlakuan rasio menunjukkan adanya variasi komposisi jenis diatom yang tumbuh, sedangkan substrat dengan perlakuan konsentrasi menunjukkan capaian biomassa yang lebih mantap (BK3 dan ZK3).

Jenis-jenis dengan kelimpahan yang menonjol tidak selalu memunculkan biomassa yang menonjol pula. Biomassa dari tiap-tiap jenis diatom pada sebagian besar perlakuan kontrol relatif merata, sedangkan pada substrat dengan tambahan nutrisi menunjukkan bahwa biomassa *Melosira* cukup menonjol. Kandungan klorofil pada umumnya menunjukkan peningkatan pada pengamatan hari ke-7, kecuali untuk BR3 yang mengalami dua kali peningkatan.

Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa kelimpahan diatom pada

substrat *biocrete* (610×10^4 sel/cm²) lebih tinggi dari pada *zeocrete* (329×10^4 sel/cm²) ($P < 0,05$). Kelimpahan dan biomassa diatom pada substrat dengan tambahan nutrisi lebih tinggi (522×10^4 sel/cm²) dari yang tanpa tambahan nutrisi (298×10^4 sel/cm²). Keberadaan klorofil diatom pada kedua perlakuan substrat perlakuan relatif sama, kecuali untuk BK3 dan ZK3.

Penentuan produktivitas perifiton dikaitkan dengan pemangsaan oleh udang.

Tahapan ini melibatkan udang (*Penaeus vanamei*) yang menjadi pemanfaat diatom perifitik. Udang disertakan hingga hari ke-41. Keberadaan diatom dengan adanya udang disajikan pada Gambar 5 dan 6.

Berdasarkan grafik tersebut tampak bahwa kelimpahan diatom pada BR0 dan BK0 cenderung berfluktuasi. Kelimpahan pada ZR0 dan ZK3 merata dan ada kecenderungan meningkat. Pada BK3 terdapat kelimpahan *Amphora*, *Phaeodactyllum*, dan *Navicula* yang menonjol secara bergantian. Pada ZR3 dan BK3 tampak adanya peningkatan kelimpahan dari *Cyclotella* dan *Phaeodactyllum*.

Keberadaan biomassa diatom pada perlakuan rasio dan konsentrasi diuraikan sebagai berikut. Biomassa dari tiap-tiap jenis diatom pada substrat perlakuan kontrol merata. Pada substrat lainnya tampak biomassa *Melosira* yang menonjol. Kandungan klorofil cenderung menurun dari waktu ke waktu, walaupun pada dasarnya produktivitas diatom masih dapat mengikuti tingkat pemangsaan oleh udang.

Hasil pengujian statistik ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa kelimpahan diatom pada substrat *biocrete* (912×10^4 sel/cm²) lebih tinggi dari pada *zeocrete* (592×10^4 sel/cm²). Selanjutnya, kelimpahan dan biomassa diatom pada substrat dengan tambahan nutrien lebih rendah dari yang tanpa tambahan nutrien dengan keberadaan klorofil pada semua perlakuan cenderung sama.

Perbedaan antara komposisi diatom sebelum ada udang dengan setelah ada udang dapat terjadi akibat pemangsaan oleh udang atau oleh suksesi. Yang dimaksud dengan perubahan oleh suksesi adalah bahwa pada saat tersebut populasi dari suatu koloni sudah mencapai waktu untuk mengalami perubahan (misal karena umur atau densitas).

PEMBAHASAN

Produktivitas diatom perifitik

Berdasarkan nilai kelimpahan dapat disimak produktivitas yang digambarkan melalui nilai μ (sel/hari) dan periode puncak kelimpahan dari diatom yang ditumbuhkan sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 1. Keterkaitan antara kelimpahan diatom dengan keberadaan unsur hara disajikan dalam Tabel 2.

Tampak bahwa diatom yang tumbuh pada substrat BR3 dan ZR3 memiliki produktivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan yang hidup pada substrat lainnya. Berdasarkan nilai puncak kelimpahan yang dicapai, kelimpahan BR3 lebih tinggi dari pada ZR3. Namun berdasarkan kecenderu-

ngan yang terjadi pada akhir pengamatan, diatom pada BR3 menunjukkan penurunan kelimpahan, sedangkan pada ZR3 dinunjukkan adanya peningkatan kelimpahan. Dengan demikian terdapat kemungkinan bahwa diatom pada substrat ZR3 akan mencapai puncak kelimpahan yang lain pada periode berikutnya. Diatom yang tumbuh di substrat ZR3 telah menunjukkan produktivitas yang tinggi pada pencapaian puncak pertama dan kedua. Di samping itu diatom juga cenderung terus mengalami peningkatan kelimpahan hingga akhir pengamatan.

Niederhauser & Schanz (1993) menjelaskan bahwa penambahan karbon dan nitrogen anorganik dapat meningkatkan biomassa diatom perifitik yang disertai dengan adanya perubahan komposisi jenis. Selanjutnya jika disertai dengan penambahan fosfor anorganik akan terjadi peningkatan biomassa dengan komposisi jenis yang tetap stabil.

Produktivitas diatom tidak dapat terlepas dari ketersediaan unsur hara dalam media. Flynn & Martin-Jezequel (2000) menunjukkan bahwa nitrat dan silika dimanfaatkan oleh diatom secara bersamaan, bahkan dengan kuantitas yang relatif sama dalam suatu kultur kontinyu.

Dalam penelitian ini, keterkaitan antara keberadaan diatom dengan unsur hara pada tiap perlakuan substrat disajikan dalam bentuk persamaan-persamaan sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 2. Berdasarkan persamaan tersebut tampak bahwa kandungan amonia dan nitrat berperan penting dalam menunjang pertumbuhan diatom pada

Tabel 1. Nilai μ (sel/hari) dan periode puncak kelimpahan diatom

Substrat	Puncak 1 μ	Δt (hari)	Periode	Puncak 2 μ	Δt (hari)	Periode	Puncak 3 μ	Δt (hari)	Periode
BR0/BK0	5.1481	3	H ₀ -H ₃	2.2865	7	H ₁₃ -H ₂₀	-	-	-
BR3	5.5916	3	H ₀ -H ₃	2.5117	7	H ₁₀ -H ₁₇	-	-	-
BK3	2.6834	6	H ₀ -H ₆	1.4819	11	H ₁₃ -H ₂₄	-	-	-
ZR0/ZK0	5.2363	3	H ₁₇ -H ₂₀	-	-	-	-	-	-
ZR3	5.0875	3	H ₀ -H ₃	3.8670	4	H ₆ -H ₁₀	5.3573	3	H ₁₇ -H ₂₀ *
ZK3	5.1363	3	H ₃ -H ₆	4.9126	3	H ₁₇ -H ₂₀	-	-	-

Tabel 2. Persamaan regresi yang menunjukkan keterkaitan antara keberadaan diatom dengan unsur hara sediaan biologis

Substrat	Persamaan
BR0/BK0	$\text{Ln } Y = 3,185 + 0,124\text{Ln}X_1 - 0,401\text{Ln}X_2 - 0,159\text{Ln}X_3 + 0,600\text{Ln}X_4$
BR3	$\text{Ln } Y = -1,365 + 0,228\text{Ln}X_1 - 0,483\text{Ln}X_2 - 0,140\text{Ln}X_3 + 0,524\text{Ln}X_4$
BK3	$\text{Ln } Y = 20,145 - 0,726\text{Ln}X_1^* - 0,770\text{Ln}X_2^* - 0,515\text{Ln}X_3 + 0,033\text{Ln}X_4$
ZR0/ZK0	$\text{Ln } Y = -3,565 + 0,328\text{Ln}X_1 + 0,026\text{Ln}X_2 - 0,238\text{Ln}X_3 + 0,779\text{Ln}X_4^*$
ZR3	$\text{Ln } Y = 2,638 - 0,581\text{Ln}X_1^* + 0,067\text{Ln}X_2 - 0,127\text{Ln}X_3 + 0,628\text{Ln}X_4^*$
ZK3	$\text{Ln } Y = 13,255 + 0,247\text{Ln}X_1^* - 0,839\text{Ln}X_2^* + 0,305\text{Ln}X_3^* + 0,115\text{Ln}X_4^*$

Keterangan: Y (kelimpahan diatom), X1 (amonia), X2 (nitrat), X3 (ortofosfat), X4 (silika)

substrat BK3. Kandungan nitrat dan silika sangat berperan bagi diatom pada substrat ZR3. Selanjutnya tampak bahwa seluruh unsur hara sediaan biologis yang terukur menunjukkan peran penting bagi keberadaan diatom pada substrat ZR3. Hasil penelitian

Berdasarkan uraian tersebut, secara umum dapat dinyatakan bahwa substrat *biocrete* mampu menyediakan kebutuhan hidup bagi diatom secara spesifik, sedangkan *zeocrete* bersifat general. Hal ini juga ditunjukkan oleh beragamnya jenis diatom yang dapat mencapai

kelimpahan yang cukup tinggi secara bergantian pada substrat *biocrete*. Hal sebaliknya terjadi pada substrat *zeocrete* yang memberikan peluang bagi tumbuhnya seluruh jenis diatom secara bersamaan. Kondisi ini menggambarkan adanya kemungkinan aplikasi yang berbeda dari kedua tipe substrat.

Manfaat diatom sebagai pakan alami

Balareddy, Das & Ayyappan (2002) yakin bahwa perifiton atau biofilm memiliki peran yang sangat penting dalam ekosistem perairan. Disampaikan bahwa

biofilm dapat dimanfaatkan sebagai pakan alami biota komersial, yaitu tilapia dan abalone yang dilakukan oleh petani ikan di Sri Langka. Sebagai pakan alami, perifiton, terutama diatom, memiliki keunggulan-keunggulan, di antaranya adalah karena diatom memiliki nutrisi yang lengkap terutama *trace element* dan asam-asam amino. Dengan demikian proses kolonisasi diatom dalam kegiatan penyediaan pakan alami dapat menggambarkan tepat atau tidaknya diatom bagi biota target budidaya serta bagi kelayakan ekosistem perairan. Bila dikaitkan dengan kebutuhan pakan pada awal tahap pembesaran udang, maka keberadaan diatom dengan kelimpahan serta jumlah jenis yang tinggi akan menjamin ketersediaan nutrisi esensial untuk masa transisi.

Kelengkapan nutrisi tersebut berguna bagi udang dalam menyusun kelengkapan organ-organ yang berkaitan dengan sistem syaraf. Selanjutnya akan meningkatkan dan mengoptimalkan kemampuan adaptasi biota dalam menghadapi perubahan-perubahan yang terjadi yang terjadi secara internal atau

pun eksternal. Kemampuan tersebut sangat dibutuhkan oleh larva udang dengan stadia post larva karena pada stadia tersebut terjadi suatu perubahan pola makan dari *plankton feeder* menjadi *benthic feeder*. Dengan demikian diatom yang ditumbuhkan sebagai perifiton tersebut diharapkan dapat mendukung pemenuhan kuantitas dan kualitas pakan alami bagi udang.

Keberadaan udang pemanfaat diatom perifitrik

Diatom dari jenis *Melosira*, *Thalassiosira*, *Cyclotella*, *Phaeodactylum*, *Navicula*, dan *Amphora* dapat dimanfaatkan oleh udang yang telah mencapai tahap post larva (Mc Vey & Moore 1983). Diatom mengandung komponen nutrisi yang merupakan kebutuhan utama bagi udang (Buwono 2000). Hasil analisis nutrisi menunjukkan bahwa urutan diatom dimulai dari yang memiliki kandungan nutrisi terbaik adalah: *Phaeodactylum*, *Navicula*, *Amphora*, *Melosira*, *Thalassiosira*, dan *Cyclotella*.

Tabel 3. Ukuran panjang dan bobot udang pemanfaat diatom perifitrik

Perlakuan	Panjang (cm)		Bobot (g)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BR0/BK0	1.03	2.03	0.0048	2,21
BR3*	1.03	2.13	0.0048	3,40
ZR0/ZK0	1.03	2.07	0.0048	2,35
ZR3	1.02	2.15	0.0047	2,20
BK3*	1.02	2.14	0.0047	3,82*
ZK3	1.02	2.13	0.0047	3,14

Secara umum, dalam percobaan, komposisi makanan udang yang terbesar adalah *Phaeodactylum*. Pemilihan terhadap *Phaeodactylum* sebagai makanan utama terkait dengan ukuran dan tipe koloni yang terbentuk. Jika dibandingkan dengan jenis diatom lain yang dicobakan, *Phaeodactylum* tergolong berukuran sedang dengan panjang sel rata-rata 25 μm . Koloni *Phaeodactylum* tidak membentuk rantai melainkan menghampar atau mengonggok tanpa pengikatan antarsel. Hal ini memberikan kesempatan bagi udang untuk dapat memanfaatkannya dengan baik. Koloni serupa terdapat pada jenis *Navicula*, namun proporsi pemanfaatannya lebih rendah dari *Phaeodactylum*.

Udang yang digunakan dalam percobaan pemanfaatan diatom adalah *Penaeus vanamei* PL₁₅ dengan panjang rata-rata 1,025cm dan bobot rata-rata 0,0047 g/individu. Selanjutnya setelah dua minggu kembali dilakukan pengukuran panjang dan bobot rata-rata (Tabel 3). Tampak bahwa udang yang memanfaatkan diatom yang tumbuh pada substrat BR3 dan BK3 memiliki pertumbuhan yang lebih baik dari yang lain.

Berdasarkan uraian terdahulu terlihat bahwa udang yang dipelihara bersama diatom dapat tumbuh dengan baik. Di samping itu pertumbuhan populasi diatom masih dapat mengikuti tingkat pemangsa oleh udang. Apabila dilakukan peruntan kembali tampak bahwa kelimpahan atau pun biomassa diatom tetap tinggi setelah terjadi pemanfaatan oleh udang. Dengan kata

lain laju pertumbuhan diatom perifitik dapat mengimbangi tingkat pemanfaatannya oleh udang. Hal ini dapat terjadi karena unsur hara sediaan biologis yang terlepas dari substrat dapat memenuhi kebutuhan diatom.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan sesuai dengan tahapan penelitian yang dilakukan.

Lepasan unsur hara dari substrat *biocrete* dan *zeocrete*, terutama untuk perlakuan penambahan pupuk dengan rasio N/P sebesar 30:1 dan dengan konsentrasi P sebesar 2 mg/l, memenuhi kebutuhan hidup diatom. Dalam penelitian ini terpilih enam jenis diatom sebagai inokulan perifiton, yaitu *Amphora*, *Cyclotella*, *Melosira*, *Navicula*, *Phaeodactylum*, dan *Thalassiosira*.

Penumbuhan diatom tanpa udang. Produktivitas diatom yang tinggi terjadi pada substrat dengan perlakuan rasio N/P sebesar 30:1 (BR3 dan ZR3)

Penumbuhan diatom dengan kehadiran udang. Keberadaan unsur hara mampu menyokong pertumbuhan diatom sehingga keberadaan populasi diatom dapat mengikuti tingkat pemangsa oleh udang

Keberadaan udang. Terjadi peningkatan signifikan pada panjang dan bobot udang yang dipelihara selama dua minggu

Pertumbuhan yang terbaik terjadi pada wadah dengan substrat *biocrete* dengan perlakuan penambahan P sebesar 2 mg/l (BK3)

DAFTAR PUSTAKA

- APHA (American Public Health Association). 1989. *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Public Health Association. Water Pollution Control Federation. Port City Press. Baltimore, Mariland.
- Balareddy, B., BK. Das & S Ayyappan. 2002. *Biofilms in aquaculture potentials and pitfalls*. Infofish International, 2/2002.
- Borowitzka, MA. & LJ. Borowitzka (ed.). 1988. *Vitamins and fine chemicals from microalgae in Micro-algal Biotechnology*. Cambridge University Press. Cambridge 153-176.
- Buwono, ID. 2000. Kebutuhan asam amino esensial dalam ransum ikan. Penerbit Kanisius. 56 hal.
- Effendie, H. 2003. *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 258 hal.
- Flynn, KJ & Martin-Jezequel, V. 2000. *Modelling Si-N-limited growth of diatoms*. Ecology Research Unit, School of Biological Sciences, University of Wales Swansea, Singleton Park, Swansea SA2 8PP, UK and 1UMR 6539, CNRS, Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer, Technopole Brest-Iroise, Place Nicolas Copernic, F-29280 Plouzane, France
- Fogg, G.E. 1975. *Algae culture and phytoplankton ecology*. Second edition. The University of Wisconsin Press. Medison. Wisconsin. 186 p.
- Garcia, WU & RU. Garcia. 1985. *Prawn farming made simple with fertilex*. 1st ed. Manila. 163 p.
- Hagler, M. 1997. *The environmental damage caused by shrimp farming*. Media center. A Green Peace Report. 150 p.
- Hillebrand. H, CD. Durselen, D. Kirschtel, T. Zohary, U. Polinger. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phyco*. 35:403-424.
- Hootmans, MJM. & J.E. Vermant. 1985. The effect of periphyton-grazing by three epifaunal species on the growth of *Zostrea marina* L. Under experimental conditions. *Aquat.Bot.* 22:83-88.
- Hynes, HBN. 1972. *The ecology of running waters*. University Toronto Press. Toronto. 463 p.
- Matjik, AA. & M. Sumertajaya 2000. *Perancangan percobaan dengan aplikasi SAS dan Minitab*. IPB Press. Bogor. 282 hal.
- Musa, M. 1992. *Komposisi biomasa dan produktivitas fitoplankton serta hubungannya terhadap fisika perairan di waduk Selorejo, Malang Jawa Timur*. Tesis. Pascasarjana IPB, Bogor 112 hal.
- Mc Vey, JP & JR. Moore. 1983. *CRC Handbook of Mariculture, Vol. I: Crustacean Aqauculture*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Niederhauser, P & F. Schanz. 1993. Effect of nutrient (N,P,C) enrichment upon the littoral diatom community of an oligotrophic high-mountain lake. *Hydrobiologia* 269/

- 270: 453-462, 1993. H. Van Dam (ed.), Twelfth International Diatom Symposium. Kluwer Academic Publishers. Printed in Belgium.
- Parsons, TR, Y. Maita & CM. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press Ltd. Oxford. 173 p.
- Phillipart, CJM. 1995. Effect of periphyton grazing by *Hydrobia ulvae* on the growth of *Zostera noltii* on a tidal flat in the Dutch Wadden Sea. *Mar. Biol.* 122:431-437.
- Pratiwi, NTM. 1997. *Kepekaan komunitas fitoplankton terhadap perubahan unsur hara di tambak bersubstrat pasir*. Tesis. Pasca Sarjana IPB.
- Shishehchian, F. & FM. Yusoff. 1999. Composition and abundance of macrobenthos in intensive tropical marine shrimp culture ponds. *J. World Aqua. Soc.* 30(1): 128-133.
- Sigeo, DC. 2005. *Freshwater microbiology*. John Willey & Sons, Ltd. Chichester. 524 p.
- Weitzel, RL. 1979. *Periphyton measurement and application, in methods and measurement of periphyton community*. American Society for testing and animals. Philadelphia. 261 p.